

**Automobile steering system has setting device providing steering resistance in normal operating mode acting as steering servo motor in emergency operating mode**

**Patent number:** DE10032183  
**Publication date:** 2002-01-17  
**Inventor:** DOERSAM THOMAS [DE]; HARTL MATHIAS [DE]; KALKKUHL JENS [DE]; NOCKHAMMAR OLA [DE]  
**Applicant:** DAIMLER CHRYSLER AG [DE]  
**Classification:**  
- international: B62D6/08; B62D5/30; B62D6/10  
- european: B62D6/00  
**Application number:** DE20001032183 20000701  
**Priority number(s):** DE20001032183 20000701

**Abstract of DE10032183**

The steering system has a steering wheel (2), a steering setting drive (21), a setting device (11) which is coupled to the steering wheel, with a switched coupling between the steering wheel and the steered vehicle wheels (25,26) and a control (8) for the steering system allowing switching between a normal operating mode and an emergency operating mode. In the normal operating mode the switched coupling is disengaged and the setting device acts on the steering wheel for providing a simulated steering resistance and in the emergency operating mode the switched coupling is engaged for controlling the steered wheels via the steering wheel, the setting device acting as a steering servo, using a control signal provided by the control in dependence on the steering torque.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 32 183 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**B 62 D 6/08**  
B 62 D 5/30  
B 62 D 6/10

⑳ Aktenzeichen: 100 32 183.6  
㉑ Anmeldetag: 1. 7. 2000  
㉒ Offenlegungstag: 17. 1. 2002

DE 100 32 183 A 1

㉑ **Anmelder:**  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

㉒ **Erfinder:**  
Dörsam, Thomas, Dr., 70376 Stuttgart, DE; Hartl,  
Mathias, Dipl.-Ing., 71394 Kernen, DE; Kalkkuhl,  
Jens, Dr., 12163 Berlin, DE; Nockhammar, Ola,  
Dipl.-Ing., 10439 Berlin, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Lenksystem für ein Kraftfahrzeug**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Lenksystem für ein Kraftfahrzeug mit einer Lenkhandhabe, mit lenkbaren Fahrzeugrädern, mit einem Lenkstellantrieb zur Lenkbetätigung der Fahrzeugräder, mit einem mit der Lenkhandhabe antriebsverbundenen Stellaggregat, mit einer zuschaltbaren und abschaltbaren Zwangskopplung zwischen Lenkhandhabe und Fahrzeugrädern, mit einer Steuerung, die für das Lenksystem einen Normalbetrieb und einen Notbetrieb ermöglicht. Im Normalbetrieb ist die Zwangskopplung unwirksam, der Lenkstellantrieb wird in Abhängigkeit der Betätigung der Lenkhandhabe betätigt und das Stellaggregat wird als Handmomentsteller betätigt, der zur Simulation eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe dient. Im Notbetrieb ist die Zwangskopplung wirksam geschaltet und das Stellaggregat wird als Servomotor betätigt, der zur Reduzierung eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe dient.  
Zur Verbesserung des Lenkgefühls im Notbetrieb weist die Steuerung eine Servomoment-Erzeugeranordnung auf, die in Abhängigkeit von Handmomenten, die zwischen Lenkhandhabe und Stellaggregat herrschen, Servomomente generiert. Außerdem besitzt die Steuerung eine Kompensatoranordnung, die in Abhängigkeit von Servomomenten Steuersignale zur Betätigung des Stellaggregates generiert. Im Notbetrieb betätigt dann die Steuerung das Stellaggregat mit diesen Steuersignalen im Sinne einer Steuerung.

DE 100 32 183 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Lenksystem für ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

5 [0002] Ein derartiges Lenksystem ist beispielsweise aus der DE 198 01 393 C1 bekannt und weist eine Lenkhandhabe, z. B. ein Lenkhandrad auf, mit dem ein Fahrer seinen Lenkwunsch in das Lenksystem einleitet. Mit der Lenkhandhabe ist ein Stellaggregat antriebsverbunden. Ein Lenkstellantrieb dient zur Lenkbetätigung von lenkbaren Fahrzeugrädern. Außerdem besitzt ein solches Lenksystem eine zuschaltbare und abschaltbare mechanische und/oder hydraulische Zwangskopplung zwischen der Lenkhandhabe und den lenkbaren Fahrzeugrädern. Eine Steuerung ermöglicht für das Lenksystem einen Normalbetrieb und einen Notbetrieb. Im Normalbetrieb schaltet die Steuerung die Zwangskopplung unwirksam bzw. ab, betätigt, das Stellaggregat als Handmomentsteller, der zur Simulation eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe dient, und betätigt den Lenkstellantrieb in Abhängigkeit der Betätigung der Lenkhandhabe. Dieser Normalbetrieb kann auch als "Steer-by-Wire-Betrieb" bezeichnet werden. Im Notbetrieb schaltet die Steuerung die Zwangskopplung wirksam bzw. zu und betätigt das Stellaggregat als Servomotor, der zur Reduzierung eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe dient. Bei einem derartigen Lenksystem steht somit auch im Notbetrieb eine Servounterstützung zur Verminderung der bei Lenkmanövern notwendigen Handkräfte zur Verfügung.

10 [0003] Um im Notbetrieb ein gutes Lenkgefühl für den Fahrer realisieren zu können, muß eine in der Phase nachteilende Servounterstützung vermieden werden. Außerdem besitzt eine hydraulische Zwangskopplung mittels einer sogenannten "hydraulischen Stange" eine Eigenfrequenz, durch die es im Fahrzeugbetrieb zu Eigenschwingungen im Lenksystem kommen kann. Diese Eigenschwingungen können im Lenksystem zu Momenten und Kräften führen, die von einer Steuerung eines herkömmlichen Lenksystems nicht von den Handkräften oder Handmomenten unterschieden werden können, die der Fahrer auf die Lenkhandhabe aufbringt, um seinen Lenkwunsch in das Lenksystem einzuleiten. Dementsprechend versucht eine Steuerung eines herkömmlichen Lenksystems permanent die durch die Eigenschwingungen verursachten "Lenkwünsche" durch Servomomente zu unterstützen. Hierbei können sich diese Eigenschwingungen verstärken und aufschaukeln.

15 [0004] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für ein Lenksystem der eingangs genannten Art eine Ausführungsform anzugeben, die dem Fahrer im Notbetrieb ein besonders gutes Lenkgefühl vermittelt.

[0005] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch ein Lenksystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

20 [0006] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, das als Servomotor betätigte Stellaggregat im Notbetrieb in Abhängigkeit von Handmomenten, die zwischen der Lenkhandhabe und dem Stellaggregat herrschen, gezielt so anzusteuern, daß das Stellaggregat für diese Handmomente geeignete Servomomente in das Lenksystem einleitet. Eine derartige Ansteuerung im Sinne einer Steuerung ergibt eine sehr direkte Lenkunterstützung durch das Stellaggregat und vermittelt dem Fahrer ein gutes Lenkgefühl. Erreicht wird dies bei der Erfindung durch eine Servomoment-Erzeugeranordnung, die in Abhängigkeit von Handmomenten oder von damit korrelierten Handmomentsignalen Servomomente bzw. damit korrelierte Servomomentsignale generiert, in Verbindung mit einer Kompensatoranordnung, die in Abhängigkeit von Servomomenten bzw. von damit korrelierenden Servomomentsignalen Steuersignale generiert, mit denen die Steuerung das Stellaggregat ansteuert. In der Servomoment-Erzeugeranordnung können beliebige Parameter Berücksichtigung finden, wie z. B. die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit, um beispielsweise eine von der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängige Lenkunterstützung realisieren zu können. Mit Hilfe der Kompensatoranordnung können dynamische Effekte kompensiert werden, die beispielsweise eine Phasennacheilung zwischen Lenkwunsch und Servounterstützung zur Folge haben können. Auf diese Weise kann das erfindungsgemäße Lenksystem im Notbetrieb eine besonders direkte Servounterstützung ermöglichen.

25 [0007] Zweckmäßigerweise berücksichtigt die Kompensatoranordnung die physikalische Kopplung zwischen der Lenkhandhabe und dem Stellaggregat, die beispielsweise durch einen körperliche Lenksäule sowie ggf. ein Übersetzungsgetriebe zwischen dieser Lenksäule und dem Stellaggregat realisiert ist. Durch die Berücksichtigung der physikalischen Verbindung oder Kopplung können insbesondere Systemreaktionen, die vom Lenkwinkel und/oder von der Lenkwinkelgeschwindigkeit und/oder von der Lenkwinkelbeschleunigung abhängen, kompensiert werden. Insbesondere können hierbei Massenträgheitsmomente und/oder Reibungswiderstände und/oder Dämpfungseffekte dieser physikalischen Kopplung bzw. der Lenkhandhabe und des Stellaggregates berücksichtigt werden. Ebenso können bei einer Weiterbildung des Lenksystems Trägheitsmomente, Dämpfungs- und Reibungseffekte der mechanischen und/oder hydraulischen Zwangskopplung zwischen Lenkhandhabe und dem lenkbaren Fahrzeugrädern berücksichtigt werden. Die daraus resultierenden Effekte kann die Kompensatoranordnung kompensieren, so daß sich ein vorteilhaftes Lenkgefühl erreichen läßt.

30 [0008] Bei einer anderen Ausführungsform kann die Steuerung mit einer Tiefpaß-Charakteristik ausgestattet sein, so daß Änderungen des Handmoments nur unterhalb einer vorbestimmten Grenzfrequenz berücksichtigt werden, die beispielsweise bei etwa 5 Hz liegt. Durch diese Maßnahme können höherfrequente Schwingungen ausgefiltert werden. Diese Maßnahme beruht auf der Erkenntnis, daß die vom Fahrer über die Lenkhandhabe in das Lenksystem eingeleiteten Lenkwünsche üblicherweise eine Frequenz von 3 bis 5 Hz nicht überschreiten. Dementsprechend berücksichtigt die Steuerung Handmomentänderungen, die oberhalb der vorbestimmten Grenzfrequenz liegen, nicht. Auf diese Weise können z. B. systembedingte höherfrequente Eigenschwingungen ausgefiltert werden.

35 [0009] Bei einer anderen Ausführungsform kann die Steuerung das Servomoment so wählen, daß – außer in einer Mittelstellung der Lenkhandhabe – stets ein Handmoment zwischen Lenkhandhabe und Stellaggregat herrscht. Diese Maßnahme hat zur Folge, daß – außer in der Mittelstellung der Lenkhandhabe – ein ggf. in der Verbindung zwischen der Lenkhandhabe und dem Stellaggregat auftretendes Spiel stets eliminiert ist, wodurch eine störende Geräuscentwicklung sowie ein negatives Lenkgefühl vermieden werden können.

40 [0010] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0011] Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in

der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0012] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0013] Es zeigen, jeweils schematisch,

[0014] Fig. 1 einen schaltplanartigen, stark vereinfachten Aufbau eines erfindungsgemäßen Lenksystems und

[0015] Fig. 2 ein Blockschaltbild des Lenksystems im Notbetrieb.

[0016] Entsprechend Fig. 1 weist ein erfindungsgemäßes Lenksystem 1 eine Lenkhandhabe 2, hier ein Lenkhandrad auf, das von einem Fahrzeugführer manuell betätigbar ist. Die Lenkhandhabe 2 ist mit einer Lenksäule 3 antriebsverbunden, so daß der Fahrer über die Lenkhandhabe 2 eine Handkraft als Lenkwunsch in die Lenksäule 3 einleiten kann. An der Lenksäule 3 ist ein Lenkwinkel-Sollwertgeber 45 angeordnet, der über eine Signalleitung 46 mit einer Steuerung 8 verbunden ist. Mit Hilfe dieses Lenkwinkel-Sollwertgebers 45 kann der Fahrerwunsch für eine Betätigung des Lenksystems 1 ermittelt werden.

[0017] Die Lenksäule 3 ist mit einer Zahnscheibe 10 drehfest verbunden, über die ein Stellaggregat 11 an der Lenksäule 3 angreift. Das Stellaggregat 11 ist vorzugsweise nach Art eines Elektromotors aufgebaut und kann über eine Steuerleitung 47 von der Steuerung 8 betätigt werden. Zwischen der Lenkhandhabe 2 und dem Stellaggregat 11 ist in der Lenksäule 3 eine Handmoment-Geberanordnung 44 angeordnet, die durch eine geschweifte Klammer symbolisiert ist. Diese Handmoment-Geberanordnung 44 weist einen Torsionsstab 9 auf, der antriebsgekoppelt in die Lenksäule 3 eingebunden ist. Beiderseits des Torsionsstabes 9 sind Torsionswinkelgeber oder Winkelgeber 4 und 5 angeordnet, die über Signalleitungen 6 und 7 mit der Steuerung 8 des Lenksystems 1 verbunden sind. Der eine Winkelgeber 4 ist demjenigen Ende des Torsionsstabes 9 zugeordnet, das mit der Lenkhandhabe 2 verbunden ist, so daß dieser Winkelgeber 4 im folgenden als handhabenseitiger Winkelgeber 4 bezeichnet wird. Im Unterschied dazu ist der andere Winkelgeber 5 an demjenigen Ende des Torsionsstabes 9 angeordnet, das mit dem Stellaggregat 11 verbunden ist, so daß dieser Winkelgeber 5 im folgenden als stellerseitiger Winkelgeber 5 bezeichnet wird.

[0018] Ein an der Lenkhandhabe 2 wirksames Handmoment  $M_H$  kann mit Hilfe der Handmoment-Geberanordnung 44 aus der Differenz der Winkelwerte der Winkelgeber 4 und 5 in Verbindung mit der Federkonstanten oder der Kennlinie des Torsionsstabes 9 ermittelt werden. Das an der Lenkhandhabe 2 fühlbare und zwischen Lenkhandhabe 2 und Stellaggregat 11 wirksame Handmoment  $M_H$  kann dabei von der Handmoment-Geberanordnung 44 direkt ermittelt werden und über eine entsprechende Signalleitung an die Steuerung 8 weitergeleitet werden. Ebenso kann die Steuerung 8 aus den Winkelwerten der Winkelgeber 4 und 5 sowie aus einer gespeicherten Federkonstanten das Handmoment  $M_H$  generieren.

[0019] Die Lenksäule 3 endet mit einem als Spindelstange ausgebildeten Endabschnitt 12 in einem Geberzylinder 13 und treibt darin einen Kolben 14 an. Dieser Kolben 14 trennt im Geberzylinder 13 zwei Kammern 15 und 16, die über Hydraulikleitungen 17 und 18 mit entsprechenden Kammern 19 und 20 eines Lenkstellantriebs 21 verbunden sind. Der Lenkstellantrieb 21 ist dabei als Kolben-Zylinder-Aggregat ausgebildet, dessen Kolbenstange 22 über Spurstangen 23 und 24 an lenkbaren Fahrzeugrädern 25 und 26 angreift, wobei eine Verstellung der Kolbenstange 22 eine Lenkbetätigung der Fahrzeugräder 25 und 26 bewirkt. Mit der Kolbenstange 22 wirkt ein Lenkwinkel-Istwertgeber 42 zusammen, der über eine Signalleitung 43 mit der Steuerung 8 verbunden ist.

[0020] Auf der Kolbenstange 22 sitzen zwei Kolben 27 und 28, die im Inneren eines Zylinder 29 des Lenkstellantriebs 21 vier Kammern ausbilden, nämlich die vorgenannten axial außenliegenden Kammern 19 und 20 sowie axial innenliegende Kammern 30 und 31, die im Zylinder 29 durch eine zylinderfeste Trennwand 32 voneinander axial getrennt sind.

[0021] Die axial innenliegenden Kammern 30 und 31 sind über Hydraulikleitungen 33 und 34 an ein Servoventil 35 angeschlossen, das über eine Steuerleitung 36 durch die Steuerung 8 betätigbar ist, und über eine Hochdruckleitung 37 mit einer Servopumpe 38 und über eine Niederdruckleitung 39 mit einem relativ drucklosen Hydraulikmittelreservoir 40 verbunden. Die Servopumpe 38 ist saugseitig ebenfalls an das Hydraulikmittelreservoir 40 angeschlossen und kann über eine Steuerleitung 41 von der Steuerung 8 betätigt werden.

[0022] Die beiden Hydraulikleitungen 17 und 18, mit denen die Kammern 15 und 16 des Geberzylinders 13 mit den Kammern 19 und 20 des Lenkstellantriebs 21 verbunden sind, können über eine Kurzschlußleitung 50 miteinander kommunizieren. In dieser Kurzschlußleitung 50 ist ein Ventil 51 angeordnet, daß mit einer Steuerleitung 52 von der Steuerung 8 betätigbar ist. Das Ventil 51 enthält zwei Schaltstellungen, nämlich eine Offenstellung I sowie eine Sperrstellung II. In der in Fig. 1 wiedergegebenen Offenstellung I ist die Kurzschlußleitung 50 offen, so daß ein beliebiger Fluidaustausch zwischen den Hydraulikleitungen 17 und 18 stattfinden kann. Dementsprechend sind die Verstellbewegungen des Kolbens 14 im Geberzylinder 13 unabhängig von den Verstellbewegungen der Kolben 27 und 28 im Zylinder 29 des Lenkstellantriebs 21. In der Sperrstellung II ist die Kurzschlußleitung 50 gesperrt, so daß eine Verstellung des Kolbens 14 im Geberzylinder 13 über die Inkompressibilität des Hydraulikmittels zwangsläufig eine Verstellbewegung der Kolben 27 und 28 des Lenkstellantriebs 21 bewirkt. Insoweit bilden der Geberzylinder 13 und die über die Hydraulikleitungen 17 und 18 damit verbundenen, einen Nehmerzylinder bildenden, axial außenliegenden Kammern 19 und 20 des Lenkstellantriebs 21 wesentliche Bestandteile einer Zwangskopplung 59 zwischen der Lenkhandhabe 2 und den lenkbaren Fahrzeugrädern 25 und 26, die mit Hilfe des Ventils 51 zuschaltbar und abschaltbar ist. Die hier exemplarisch dargestellte Zwangskopplung 59 mittels einer sogenannten "hydraulischen Stange" stellt lediglich eine spezielle Ausführungsform für eine solche Zwangskopplung 59 dar. Die Erfindung ist jedoch nicht auf eine derartige spezielle zuschaltbare und abschaltbare Zwangskopplung 59 begrenzt.

[0023] Das erfindungsgemäße Lenksystem 1 arbeitet wie folgt:

[0024] In einem Normalbetrieb, dem sogenannten "Steer-by-Wire-Betrieb", vergleicht die Steuerung 8 permanent die Istwerte und Sollwerte der Lenkwinkel und steuert dementsprechend das Servoventil 35 sowie die Servopumpe 38. Die hydraulische Zwangskopplung 59 zwischen der Lenkhandhabe 2 und den lenkbaren Fahrzeugrädern 25 und 26 ist hierbei offen bzw. unwirksam, wobei das Ventil 51 seine Offenstellung I einnimmt.

[0025] In diesem Normalbetrieb betätigt die Steuerung 8 das Stellaggregat 11 als Handmomentensteller und erzeugt an der Lenkhandhabe 2 in Abhängigkeit der mit Hilfe der Handmoment-Geberanordnung 44 ermittelten Handmomente  $M_H$

geeignete Gegenmomente. Auf diese Weise wird dem Fahrer im Normalbetrieb ein gutes Fahrgefühl vermittelt.

[0026] Die Steuerung 8 überwacht im Normalbetrieb permanent die ordnungsgemäße Funktion aller systemrelevanten Aggregate und Elemente. Sobald eine hinreichend gravierende Fehlfunktion des Lenksystems 1 festgestellt wird, schaltet die Steuerung 8 in einen Notbetrieb um. Zu diesem Zweck wird das Ventil 51 in seine Sperrstellung II geschaltet, um die hydraulische Zwangskopplung 59 zwischen Lenkhandhabe 2 und den lenkbaren Fahrzeugrädern 25 und 26 zuzuschalten bzw. zu aktivieren.

[0027] Die Steuerung 8 enthält eine Servomoment-Erzeugeranordnung 48 sowie eine Kompensatoranordnung 49. Die Servomoment-Erzeugeranordnung 48 kann in Abhängigkeit eines Handmomentwertes sowie ggf. weiterer Parameter, wie z. B. die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit, Werte für ein Servomoment  $M_S$  generieren, das vom Stellaggregat 11 in die Lenksäule 3 eingeleitet werden soll. Die Steuerung 8 betätigt dabei das Stellaggregat 11 als Servomotor, der die zur Verstellung der lenkbaren Fahrzeugräder 25 und 26 erforderliche Handkraft reduziert. Die Kompensatoranordnung 49 generiert aus den Servomomentwerten Steuersignale  $u_M$  zur Betätigung des Stellaggregates 11, mit denen die Steuerung 8 im Notbetrieb des Lenksystems 1 das Stellaggregat 11 als Servomotor ansteuert. Die Betätigung des Stellaggregates 11 erfolgt dabei im Sinne einer Steuerung. Die Steuersignale  $u_M$  werden dabei vom Kompensator 49 so erzeugt, daß sich das erwünschte Servomoment  $M_S$  und somit die erwünschte Reduzierung des Handmoments  $M_H$  an der Lenkhandhabe 2 möglichst exakt einstellt. Dabei berücksichtigt die Kompensatoranordnung 49 dynamische Effekte, die bei der Betätigung der aus Lenkhandhabe 2, Lenksäule 3 und Stellaggregat 11 gebildeten physikalischen Strecke oder Kopplung entstehen. Beispielsweise weisen das Stellaggregat 11 und die Lenkhandhabe 2 sowie die Lenksäule 3 Trägheitsmomente auf, die einer direkten Momentübertragung entgegenwirken. Ebenso besitzt der gleichzeitig mitverstellte Geberzylinder 13 ein Trägheitsmoment, das ebenfalls berücksichtigt werden kann. Des weiteren können Trägheitsmomente des verstellten Hydraulikvolumens sowie des Lenkstellantriebs 21 und der Fahrzeugräder 25 und 26 berücksichtigt werden. Außerdem kann die Kompensatoranordnung 49 Dämpfungseffekte und Reibungswiderstände sämtlicher mitbewegter Elemente berücksichtigen.

[0028] Die Kompensatorfunktion beruht auf der Basis des folgenden Gleichungssystems:

Gleichung 1

$$J_{LR}\ddot{\theta}_{LR} + d_{LR}\dot{\theta}_{LR} = K_T(\theta_{LS} - \theta_{LR}) + T_F$$

Gleichung 2

$$J_{LS}\ddot{\theta}_{LS} + d_{LS}\dot{\theta}_{LS} + b_{LS} \cdot \text{sign}(\dot{\theta}_{LS}) = K_T(\theta_{LR} - \theta_{LS}) + K_M u_M$$

[0029] Dabei sind:

$\theta_{LR}$  = Winkel der Lenkhandhabe 2,

$J_{LR}$  = Massenträgheitsmoment der Lenkhandhabe 2,

$d_{LR}$  = Dämpfung der Lenkhandhabe 2,

$K_T$  = Steifigkeit des Torsionsstabs 9

$\theta_{LS}$  = Winkel des momentenstellerseitigen Teils der Lenksäule 3,

$J_{LS}$  = Trägheitsmoment des momentenstellerseitigen Teils der Lenksäule 3,

$d_{LS}$  = Dämpfung des momentenstellerseitigen Teils der Lenksäule 3,

$b_{LS}$  = Koeffizient der trockenen Reibung des momentenstellerseitigen Teils der Lenksäule 3,

$u_M$  = Motorspannung des Stellaggregates 11,

$K_M$  = Spannungs-Drehmomentumwandlung im Stellaggregat 11,

$T_F$  = Moment des Fahrers.

[0030] Dieses Gleichungssystem beruht auf der Vereinfachenden Annahme, daß die Lenksäule 3 zwischen dem handhabenseitigen Winkelgeber 4 und der Lenkhandhabe 2 sowie zwischen dem stellerseitigen Winkelgeber 5 und dem Stellaggregat 11 näherungsweise starr ist. Eine weitere Vereinfachung ergibt sich dadurch, daß sämtliche dynamischen Effekte zwischen der Lenkhandhabe 2 und dem handhabenseitigen Winkelgeber 4 in den Werten der Lenkhandhabe 2 berücksichtigt sind, während die entsprechenden dynamischen Effekte zwischen dem stellerseitigen Winkelgeber 5 und dem Stellaggregat 11, einschließlich denjenigen des Stellaggregates 11, bei den Werten der Lenksäule 3 berücksichtigt sind. Des weiteren können auch die dynamischen Effekte der anderen mitbewegten Elemente, zum Beispiel Geberzylinder 13, bei den Werten der Lenkhandhabe 2 und/oder bei den Werten des Stellaggregates 11 berücksichtigt sein.

[0031] Bezugnehmend auf Fig. 2 findet sich Gleichung 1 des obigen Gleichungssystems dort im Bereich der links wiedergegebenen Verknüpfung 53 wieder, die durch ein Kreissymbol dargestellt ist. Eingangsseitig erhält diese Verknüpfung 53 zum einen ein mit der Handkraft des Fahrers korreliertes Moment  $T_F$  und zum anderen ein Torsionsmoment  $M_{LS}$  aus der Verwindung des Torsionsstabes 9. Dieses Torsionsmoment  $M_{LS}$  ergibt sich dabei aus dem Lenksäulenwinkel  $\theta_{LR}$  und der Steifigkeit  $K_T$  des Torsionsstabes 9, die in Fig. 2 durch ein Rechteck symbolisiert ist. Das Ergebnis dieser Verknüpfung 53 wird bei 54 mit dem Kehrwert eines Polynoms  $p_{LR}(s)$  verknüpft, das sich aus einer Laplace-Transformation der Gleichung 1 ergibt. Diese Polynom-Verknüpfung 54 liefert im Ergebnis den Handhabenenwinkel  $\theta_{LR}$ .

[0032] In Fig. 2 ist rechts in einem die obengenannte Gleichung 2 repräsentierenden Bereich eine Verknüpfung 55 durch ein Kreissymbol dargestellt, die eingangsseitig ein Torsionsmoment  $M_{LR}$  erhält, das sich aus dem Handhabenenwinkel  $\theta_{LR}$  und der Steifigkeit  $K_T$  des Torsionsstabes 9 ergibt. Außerdem erhält die Verknüpfung 55 ein Motormoment  $m_M$  des Stellaggregates 11, das sich aus der Motorspannung  $u_M$  und dem Koeffizienten  $K_M$  für die Spannungs-Drehmomentumwandlung im Stellaggregat 11 ergibt. Außerdem können hier Störgrößen  $v_1$  berücksichtigt werden. Darüber hinaus er-

hält die Verknüpfung 55 ein Rückwirkungsmoment  $M_R$  vom Lenkstellantrieb 21, das sich aus einer Druckänderung  $dp$  in der Hydraulik der hydraulischen Zwangskopplung 59 zwischen Lenkhandhabe 2 und gelenkten Fahrzeugrädern 25 und 26 und aus einem Koeffizienten  $K_{dp}$  für die Druck-Drehmomentumwandlung im Geberzylinder 13 ergibt. Das Ergebnis dieser Verknüpfung 55 wird bei 56 mit dem Kehrwert eines Polynoms  $p_{LS}(s)$  verknüpft, das sich aus einer Laplace-Transformation der Gleichung 2 ergibt. Diese letztgenannte Polynomverknüpfung 56 liefert dann den Lenksäulenwinkel  $\theta_{LS}$ . [0033] Dieser Lenksäulenwinkel  $\theta_{LS}$  wird über die hydraulische Zwangskopplung auf den Lenkstellantrieb 21 übertragen, der an seinem Ausgang X die lenkbaren Fahrzeugräder 25 und 26 entsprechend betätigt.

[0034] Die Motorspannung  $u_M$  bildet hierbei das Steuersignal, das vom Kompensator 49 in Abhängigkeit des von der Servomoment-Erzeugeranordnung 48 generierten Wertes für das Servomoment  $M_S$  erzeugt wird. Dieses Servomoment  $M_S$  wird hierbei in Abhängigkeit der Differenz aus Lenksäulenwinkel  $\theta_{LS}$  und Handhabenwinkel  $\theta_{LR}$  ermittelt. Diese Differenz wird entsprechend Fig. 2 bei einer Verknüpfung 57 ermittelt und mit der Steifigkeit  $K_T$  des Torsionsstabes 9 verknüpft. Das daraus resultierende, zwischen Lenkhandhabe 2 und Stellaggregat 11 herrschende Handmoment  $M_H$  wird bei 58 mit zusätzlichen Störgrößen  $v_2$  beaufschlagt, wodurch beispielsweise ein Sensorrauschen der Handmoment-Geberanordnung 44 berücksichtigt werden kann. Die Servomoment-Erzeugeranordnung 48 generiert dann aus dem (korrigierten) Handmoment  $M_H$  das gewünschte Servomoment  $M_S$ . Würde nun dieses Servomoment  $M_S$  direkt – also ohne Kompensator 49 – am Stellaggregat 11 eingestellt werden, können dynamische Effekte der physikalischen Kopplung zwischen Lenkhandhabe 2 und Stellaggregat 11 zu einer Verzögerung oder Phasenverschiebung führen. Das daraus resultierende Lenkgefühl ist unerwünscht. Beim erfindungsgemäßen Lenksystem 1 generiert nun die Kompensatoranordnung 49 aus dem gewünschten Servomoment  $M_S$  spezielle Steuersignale in Form von Motorspannungswerten  $u_M$  als Stellgrößen für das Stellaggregat 11, die die vorgenannten nachteiligen Effekte kompensieren. Durch die Ansteuerung des Stellaggregates 11 mit den speziellen Steuersignalen des Kompensators 11 kann die gewünschte Servounterstützung relativ schnell und exakt eingestellt werden, wodurch der Fahrer ein gutes Fahr- und Lenkgefühl erhält.

[0035] Mit Hilfe der Servomoment-Erzeugeranordnung 48 und des Kompensators 49 kann durch Rückkopplung des über die Handmoment-Geberanordnung 44 gemessenen Istmoments ein vorgegebenes dynamisches Verhalten des Lenksystems gezielt eingestellt werden.

[0036] Eine Möglichkeit hierzu besteht zum Beispiel in folgendem:

[0037] Der Kompensator 49 bildet hierbei eine Inversion der zwischen Stellaggregat 11 und Lenkhandhabe 2 wirksamen physikalischen Strecke, die durch das obige Gleichungssystem vereinfacht dargestellt ist. Diese Inversstrecke oder invertierte Strecke des Kompensators 49 ist dabei modifiziert, um Störeinflüsse, zum Beispiel mittels einer Tiefpaß-Charakteristik, zu reduzieren.

[0038] Eingangsgröße der in Fig. 2 dargestellten Steuerung bildet somit das an der Lenkhandhabe 2 vom Fahrer eingeleitete Moment  $T_F$ , woraus sich als Ausgangsgröße ein Stellwert X für die Betätigung der lenkbaren Fahrzeugräder 25 und 26 ergibt.

## Patentsprüche

1. Lenksystem für ein Kraftfahrzeug, mit einer Lenkhandhabe (2), zum Beispiel Lenkhandrad, mit lenkbaren Fahrzeugrädern (25, 26), mit einem Lenkstellantrieb (21) zur Lenkbetätigung der lenkbaren Fahrzeugräder (25, 26), mit einem mit der Lenkhandhabe (2) antriebsverbundenen Stellaggregat (11), mit einer zuschaltbaren und abschaltbaren Zwangskopplung (59) zwischen der Lenkhandhabe (2) und den lenkbaren Fahrzeugrädern (25, 26), mit einer Steuerung (8), die für das Lenksystem (1) einen Normalbetrieb und einen Notbetrieb ermöglicht, wobei die Steuerung im Normalbetrieb die Zwangskopplung (59) unwirksam schaltet, in Abhängigkeit der Betätigung der Lenkhandhabe (2) den Lenkstellantrieb (21) betätigt und das Stellaggregat (11) als Handmomentsteller betätigt, der zur Simulation eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe (2) dient, im Notbetrieb die Zwangskopplung (59) wirksam schaltet, das Stellaggregat (11) als Servomotor betätigt, der zur Reduzierung eines Lenkwiderstandes an der Lenkhandhabe (2) dient, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuerung (8) eine Servomoment-Erzeugeranordnung (48) aufweist, die in Abhängigkeit von Handmomenten ( $M_H$ ), die zwischen Lenkhandhabe (2) und Stellaggregat (11) herrschen, Servomomente ( $M_S$ ) generiert, daß die Steuerung (8) eine Kompensatoranordnung (49) aufweist, die in Abhängigkeit von Servomomenten ( $M_S$ ) Steuersignale ( $u_M$ ) zur Betätigung des Stellaggregates (11) generiert, daß die Steuerung (8) das Stellaggregat (11) mit Notbetrieb mit den Steuersignalen ( $u_M$ ) steuernd betätigt.
2. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kompensatoranordnung (49) die physikalische Kopplung zwischen Lenkhandhabe (2) und Stellaggregat (11) berücksichtigt.
3. Lenksystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kompensatoranordnung (49) Massenträgheitsmoment und/oder Dämpfungswerte und/oder Reibungswiderstände der Lenkhandhabe (2) und/oder des Stellaggregates (11) berücksichtigt.
4. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (8) das Servomoment ( $M_S$ ) so wählt, daß außer in einer Mittelstellung der Lenkhandhabe (2) stets ein Handmoment ( $M_H$ ) zwischen Lenkhandhabe (2) und Stellaggregat (11) herrscht.
5. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (8) eine Tiefpaß-Charakteristik aufweist und dementsprechend Handmomentänderungen nur unterhalb einer vorbestimmten Grenzfrequenz berücksichtigt.
6. Lenksystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzfrequenz etwa bei 5 Hz liegt.

# DE 100 32 183 A 1

7. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kompensatoranordnung (49) Massenträgheitsmomente und/oder Dämpfungswerte und/oder Reibungswiderstände der lenkbaren Fahrzeugräder (25, 26) und/oder der damit mitverstellten Elemente und Aggregate und/oder des Lenkstellantriebes (21) und/oder der Zwangskopplung (59) berücksichtigt.

8. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in einer die Lenkhandhabe (2) mit dem Stellaggregat (11) koppelnden Lenksäule (3) ein Torsionselement (9) angeordnet ist, dessen Torsion mit dem Handmoment ( $M_H$ ) korreliert, wobei jedem Ende des Torsionselements (9) ein Torsionswinkelgeber (4, 5) zugeordnet ist, wobei die Steuerung (8) aus der Winkeldifferenz der Torsionswinkelgeber (4, 5) in Verbindung mit einer Federkennlinie des Torsionselements (9) Handmomentwerte generiert, die mit dem Handmoment ( $M_H$ ) korrelieren.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

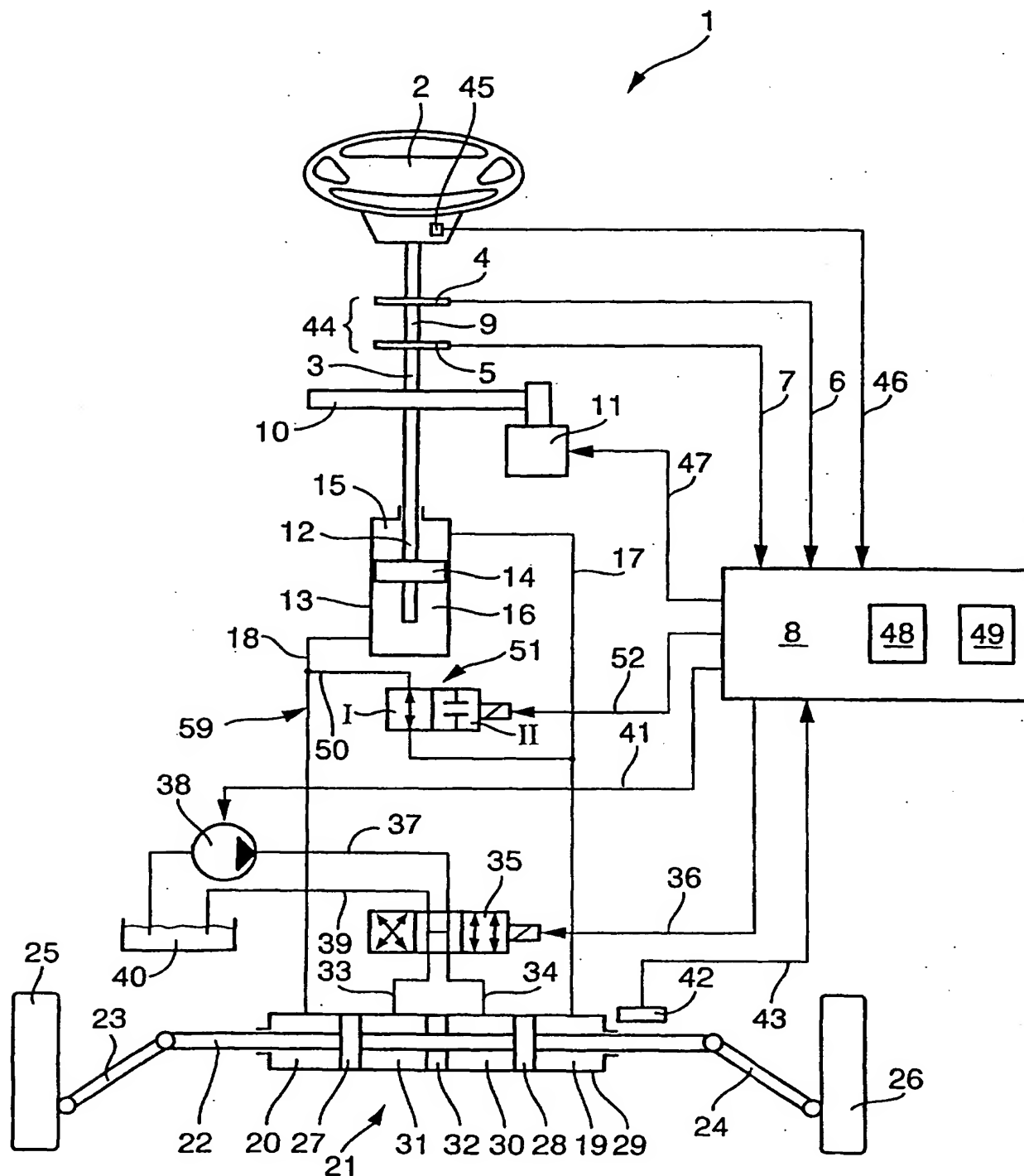


Fig. 1



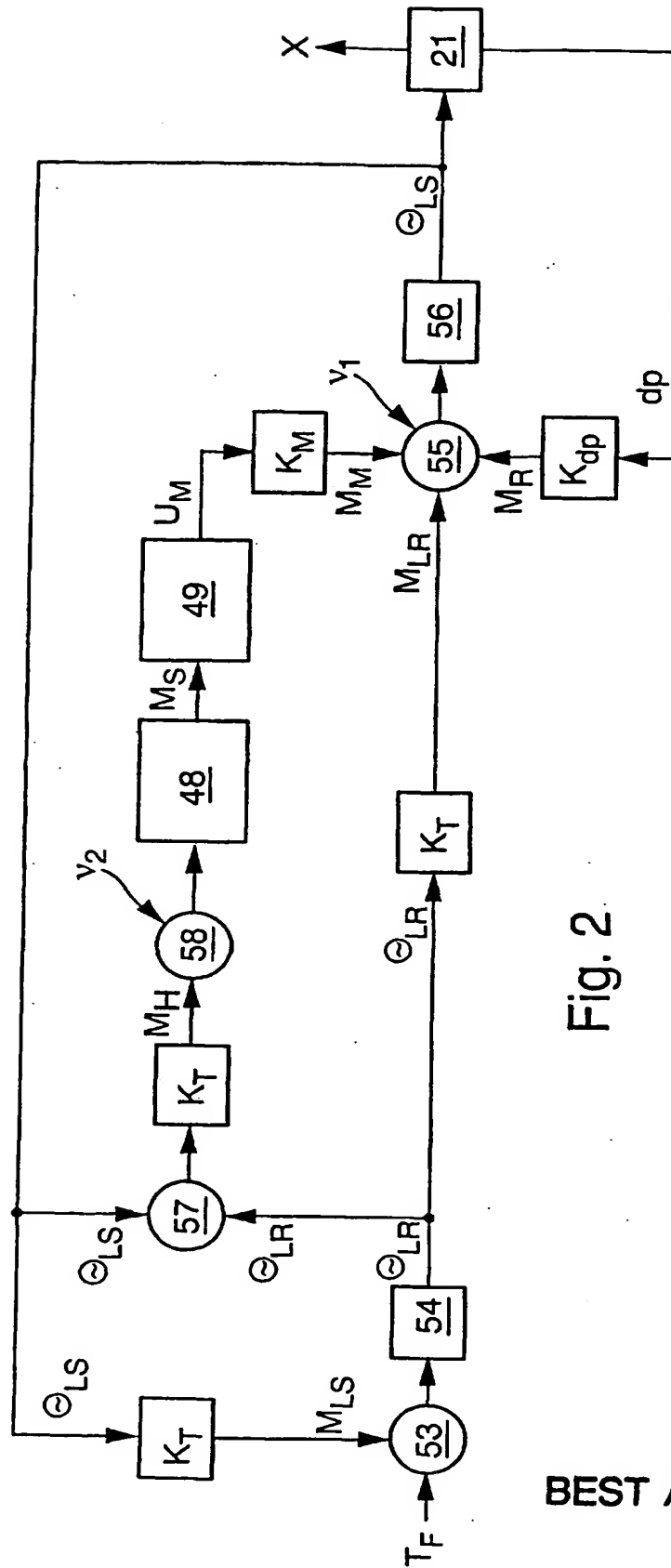


Fig. 2

BEST AVAILABLE COPY